

等尺性運動におけるフィードバックの効果

著者	荻原 新八郎, 池上 陽子, 立野 勝彦
雑誌名	バイオフィードバック研究
巻	18
ページ	21-25
発行年	1991-06-01
URL	http://hdl.handle.net/2297/6969

等尺性運動におけるフィードバックの効果

研究論文

金沢大学医療技術短期大学部 荻原新八郎
 森田病院リハビリテーション部 池上 陽子
 金沢大学医療技術短期大学部 立野 勝彦

はじめに

等尺性運動は理学療法においてよく用いられる筋力回復運動の一つである。理学療法士の口頭指示の下で、患者が一つの筋または筋群を最大限に、しかも関節は動かさずに収縮させるのが普通のやり方である。しかし最大限の収縮がなされているのかどうかは理学療法士・患者ともに明白に判断できない場合がある。

聴覚信号が伴った筋電計フィードバックを用い、大腿四頭筋に等尺性運動を19日間行った実験において、等尺性運動のみの群に比べて該当筋のトルク値が有意に大きくなった ($p=0.05$) 報告³⁾がある。その理由として、毎回の収縮がフィードバックによって最大限に保たれたのではないかとわれわれは考えた。これが著者らの今回の実験に至ったきっかけである。

本論文では、視覚信号が伴った筋力計フィードバック (visual digital dynamometric feedback, VDDF) を用いた等尺性運動の結果を報告する。過去の文献を検索してみたが、デジタル筋力計 (以下『筋力計』と略す) を用いたフィードバックの実験は見当たらなかった。ゆえに今回の実験の目的は、VDDFが伴った股関節外転筋等尺性運動の方が等尺性運動のみの場合よりも最大筋力を発揮でき、それを表出できるのか、また各回の収縮においてもそうであるのかを知ることとした。

この実験の意義として、VDDFの有効性が実証できるならば、これが筋力回復運動において役立つと考えた。

実験方法

対象： 筋骨格系に異常のない健常な女子大学生20名を選んだ。被験者の年齢は18～22 (平均20.1±2.4)歳、身長は151～170 (平均158.7±4.9)cm、体重43～67 (平均51.9±6.5)kgであった。運動選手はこの中に含まれていなかった。

手順： 被験者を仰臥位にし、10cm幅のカフを一個ずつ両脚の足関節直上に取りつけた。股関節外転筋力を正確に測るためには、大腿下端部にカフを取りつけるべきであるが、日常の診療において著者らは自転車の古チューブを上記の部位に巻いて等尺性運動を行わせ、効果を上げているので、これを再現する形にした。両側外転筋の最大筋力 (最大静的緊張度) をkg単位で測るために筋力計 (竹井機器工業製) (図1) のセンサーをカフ間につなげた。各股関節は正中線上から約10°の外転位に維持することによって、収縮域を中間域とした。代償運動、すなわち股関節の外旋・外転運動または屈曲・外転運動を防ぐために両下肢は外旋・

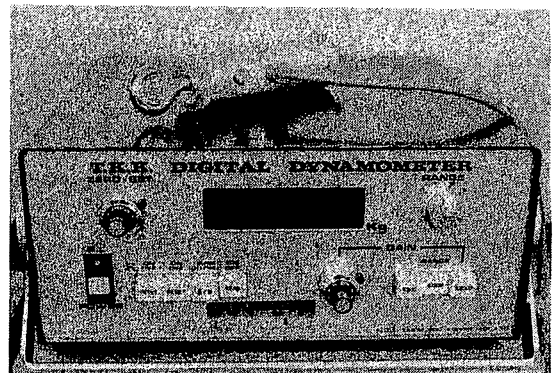


Fig.1 デジタル筋力計

内旋の中間位に保持した。

準備運動として、VDDFを用いずに両側外転筋の最大等尺性運動を3秒間ずつ、試行間に30秒間ずつ休息させながら3回行わせた。本実験に入る前に10分間休憩させた。

各被験者を自身の対照として用い、二つの実験方法で両側外転筋の最大筋力を測った。等尺性運動のみの群（I群）には両側外転筋を最大限に3秒間収縮させ、30秒間ずつ休息させながら5回行わせた。検者は口頭で『両脚を力いっぱい広げて!』と指示した。試行中、筋力計のデジタル表示は被験者には見せず、検者のみが見て、その結果を記録した。等尺性運動にVDDFを用いた群（F群）には筋力計のデジタル表示を見ながら等尺性運動を行わせた。検者もそれを見て、その結果を記録した。検者は口頭で『両脚を力いっぱい広げ、器械の数字を増やして!』と指示した。等尺性運動の実行に誤差が生ずるのをなるべく防ぐため、終始同一の検者（Y.I.）が口頭指示を与え、声量や抑揚も一定に維持した。

F群を先に行くと学習効果が現れるのではないかと判断したために、I群を先に行った。疲労の影響を除くために、F群を行う前に30分間の休憩をはさんだ。実験の時間帯は比較的運動能力が高い1700時前後とした。²⁾

データの収集と分析： 両側股関節外転筋の最大筋力を各群および各試行ごとに平均した。統計手法としても検定法を用い、群間における最大筋力の差を比較した。有意水準は0.05とした。また各回における最大筋力の差を一元配置の分散分析法で分析した。

結 果

I群の平均最大筋力は 9.79 ± 0.49 、F群のそれは 10.57 ± 0.49 であった。群間差は約0.8kgであり、後者の方が有意に大きかった（表1）。また各回における最大筋力の平均についても、F群の方が常に有意に大きかった。図2は結果を棒グラフに表したものであり、F群では最大筋力が試行回数を経るにしたがって漸減した。反対にI群ではF群に比べると各試行ごとに最大筋力が比較的大きく変動したが、各試行間に統計学的な有意差は認められなかった。

Table.1 各試行における両側外転筋の最大筋力（平均±標準偏差）

回 数	I 群(kg)	F 群(kg)
1 回目	9.82 ± 0.45	$10.58 \pm 0.50^*$
2 回目	9.89 ± 0.47	$10.59 \pm 0.46^*$
3 回目	9.81 ± 0.48	$10.57 \pm 0.52^*$
4 回目	9.65 ± 0.54	$10.56 \pm 0.50^*$
5 回目	9.81 ± 0.58	$10.53 \pm 0.51^*$
平 均	9.79 ± 0.49	$10.57 \pm 0.49^*$

* $p < 0.05$

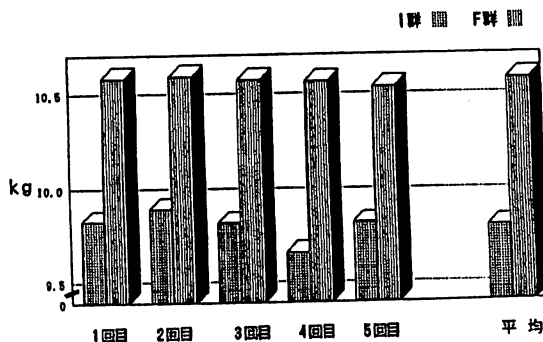


Fig.2 各試行における両側外転筋力

考 察

本実験の結果から、VDDFが伴った等尺性運動の方が等尺性運動のみよりも最大筋力は大きかった。フィードバック機器からの聴覚信号によって患者は意識的に運動ニューロンの興奮性を高めたり、その運動に関与する運動単位の数を増したりすることができるとの仮説がある。³⁾ 本実験では、筋力計からの視覚信号によってF群に最大随意収縮を0.8kg余分に得させることができた。

バイオフィードバック法においては聴覚・視覚信号ともに有効であり、トレーニング開始時には両者がともに用いられるのが常である。そして治療の目的や患者の状態によって、時間の経過とともにどちらかが無視されることがある。本実験で

は筋力計の構造上、視覚信号のみを用いた。筋電計フィードバック法において、両種の信号でトレーニングを開始したにもかかわらず、患者はそのうち無意識に聴覚信号のみに注意を集中するようになったという興味深い観察が報告されている。⁶⁾これは患者がフィードバック機器のパネルを注視することから、無意識に視覚をトレーニングそのもの、すなわち筋収縮あるいは体肢の運動に集中するようになる結果、あるいは単に視覚信号を完全に無視するのであろうとわれわれは推察する。

最大限の等尺性収縮を維持できる時間は10秒間であり、トレーニングに最小限有効な時間はその20パーセント、すなわち2～3秒間である。これはbrief maximal isometric exerciseと呼ばれている。²⁾等尺性運動時の随意努力は、理想的には100%であるべきという報告¹⁾や、40～50%でよいという報告³⁾もある。本実験における収縮の時間と強度についてはbrief maximal isometric exerciseに準じた。

F群では試行回数を重ねるごとに最大筋力が少しずつ減少したが、これは30秒間ずつの休息が不十分であることを意味する。しかしこの減少はごくわずかであるため無視でき、視覚フィードバックにより、常に一定の最大収縮を保持できると考える。

脱臼性股関節症患者の中殿筋に対し、筋電計フィードバックを用い、週3回、3週間のトレーニングで筋力を『2』から『3-』に回復しえた報告がある。⁵⁾中殿筋は上記の疾患はもとより、大腿や下腿の疾患や傷害による長期免荷によって萎縮しやすい。ゆえにVDDFはこのような症例の治療にも有用であると考ええる。

現在、理学療法におけるバイオフィードバック法で用いられている機器には筋電計、電気角度計、圧変換器などがあり、前者が最もポピュラーである。本実験の結果から、筋力計もバイオフィードバック法の機器の一つとして考慮できる。しかし股関節外転筋力回復運動において、膝関節の外側支持力が障害されている者にはカフを足関節直上に取りつけるべきではない。

筋力計フィードバックの利点として考えられるものには、1) 信号が数値で表されること、2)

カフの取り付けが簡単であること、3) 筋電計フィードバックのように電極や導線を必要とせず、また目的とする筋上の皮膚を露出する必要がないこと、が挙げられる。

今回、I-Fの順序で実験したが、今後、1) F-I, I-F-I, あるいはF-I-Fの順序でも行ってみる、2) 筋電計フィードバックと筋力計フィードバックを比較してみる、3) 筋電計フィードバックの臨床効果を調べる、4) 最大筋力の40～50%の強度でも行ってみる、必要がある。

被験者は健康人であり、選択法も無作為とはいえない、ゆえに得られた所見を直ちに臨床的なものと同一視できるとはかぎらない。

結 論

VDDFが伴った等尺性運動と等尺性運動のみを比較したところ、前者の方が最大筋力は大きかった。これによって筋力計フィードバックをバイオフィードバック法の新たな武器に加えることができると考える。

謝 辞

デジタル筋力計を貸与していただきました金沢大学医学部付属病院理学療法部に感謝いたします。

引用文献

- DeLorme, T.L. & Watkins, A.L. 1948, Technics of progressive resistance exercise. Archives of Physical Medicine, 29, 263-273
- Hettinger, T. 1968, (猪飼道夫・松井秀治 共訳), アイソメトリックトレーニング. 大修館書店, 146, 74-78, 92-112
- Lucca, J.A. & Recciuti, S.J. 1983, Effect of electromyographic biofeedback on an isometric strengthening program. Physical Therapy, 63, 200-203
- 溝呂木 忠, 千野 直一 1977, バイオフィードバック治療, 理学療法と作業療法, 11, 4-11
- 武部恭一 1983, EMGバイオフィードバックの臨床例, 熊本水瀬 編著, バイオフィードバック法の基礎と臨床. 杏林書店
- Wolf, S.L. 1990, 脳血管障害患者に対する筋電図バイオフィードバック療法, 第18回日本バイオフィードバック学会総会特別講演, 慶応大学医学部付属病院

SUMMARY

Isometric exercise is one of the commonly used physiotherapeutic modalities for muscle strengthening. Under verbal command from a physiotherapist the patient is asked to make the maximum voluntary effort to contract a muscle or a muscle group. One cannot, however, exactly know whether the muscle or the muscle group is contracting maximally.

The purpose of this investigation was to determine whether one would exert maximum contraction of the hip abductors (HA) using visual digital dynamometric feedback (VDDF) and if each contraction would be consistent over a series of trials in comparison to the traditional method of isometric contraction only. The subjects consisted of 20 healthy female college students with their age ranging from 18 to 22 (mean 20.1 ± 2.4) years old, height from 151 to 170 (mean 158.7 ± 4.9) cm, and weight from 43 to 67 (mean 51.9 ± 6.5) kg.

A cuff was fitted around each ankle joint of the subjects lying supine. The sensor of a digital dynamometer was attached between the cuffs to measure in kg the maximum isometric tension bilaterally of HA. Each hip was in approximately 10 degrees of abduction. Using each subject as her own control, we measured the subjects' HA tension under two experimental conditions. Each subject in the isometric alone (I) group contracted HA maximally for 3 seconds, followed by a 30-second rest, and repeated it 5 times. Each subject in the isometric contraction (F) group with VDDF performed the exercise in the same way, but was allowed to watch the dynamometer reading.

The result showed that the average maximum tension of HA for Group I was 9.79 ± 0.49 kg as opposed to 10.57 ± 0.49 kg for Group F. The difference between these groups was approximately 0.8 kg which was statistically significant. Furthermore, regarding the average maximum tension for each trial, Group F consistently achieved a stronger contraction. The maximum HA tension at each trial fluctuated widely in Group I compared to Group F. However, a one-way analysis of variance revealed no significant differences in the fluctuations amongst the trials.

The visual cues from the digital dynamometer encouraged the subjects in Group F to achieve greater tension. We can therefore hypothesize that isometric contraction with VDDF

consistently sustains maximum contraction. In other words, VDDF appears to have enabled the subjects to produce overflow at synapses of the motor end-plates by a possible increase in the number of motor units recruited. Usually, both auditory and visual biofeedback are employed to commence training. One may eventually discard either one of them depending on one's purpose and the patient's condition. Possible advantages of VDDF are: 1) signal presentation in the form of numbers; 2) easy and simple fitting of cuffs; and 3) no need for electrodes/leads and exposure of the skin over the target muscle or muscle group. At present, biofeedback instrumentation for exercise therapy includes EMG, electrogoniometry, and pressure transducers. The result of this investigation may provide a rationale for the addition of VDDF to the repertoire of biofeedback therapy.

要約

等尺性運動は理学療法の手段の中でよく用いられるものの一つである。理学療法士の口頭指示により、患者は一つの筋または筋群を随意的に最大限に収縮する。しかしながら、その筋または筋群が最大限に収縮しているのか否かが明確でない場合がある。

この実験は、デジタル筋力計フィードバック(VDDF)を用い、股関節外転筋に最大限の収縮をもたらすことができるのか、また各回の収縮の程度が伝統的な方法に比べて不変であるのかどうかを知る目的で行なった。対象者は20名の健康な女子大学生で、年齢は18~22(平均 20.1 ± 2.4)歳、身長151~170(平均 158.7 ± 4.9)センチ、体重は43~67(平均 51.9 ± 6.5)キロであった。

仰臥位で両股関節にカフを一個ずつ取り付け、デジタル筋力計のセンサーを両カフの間につなげた。両側股関節外転筋の最大等尺性筋力をキロ単位で測った。各股関節の角度は約 10° 外転位とした。各被験者を自身の対照とし、二つの実験方法で股関節外転筋力を測った。等尺性運動(I)のみの群では3秒間最大限に収縮し、30秒間力を抜き、5回反復した。VDDF(F)を伴わせた等尺性運動の群では、筋力計の表示を見ながらI群と同様に行なった。

結果は、I群の平均最大筋力が 9.79 ± 0.49 キロ、F群のそれは 10.57 ± 0.49 キロであった。これら2群の相違は約0.8キロであり、有意差がみとめられた。各回の収縮における平均最大筋力に関してはF群の方が常に大きかった。各回の最大収縮の程度に関しては、I群の方がF群よりも変動が大きかった。しかし一元配置の分散分析法で分析した結果、この変動には有意差がみとめられなかった。

デジタル筋力計からの視覚信号によってF群の筋力が大きくなることが判明した。ゆえにVDDFは常に最

大筋力をもたせると仮定できる。すなわち、VDDFは運動単位の数を増やすことによって運動終板シナプスにおいてオーバーフローを起こさせると考えられる。通常、聴覚信号と視覚信号の両者を用いてトレーニングを開始するが、目的や患者の状態によって時間の経過とともにどちらかが無視されることがある。VDDFの利点として挙げられるものは、1) 信号が数値で表されること、2) カフの取り付けが簡単であること、3) 導子や導線および皮膚の露出が不要であること、などである。現在、運動療法において用いられているバイオフィードバック機器として、筋電計、電気角度計、圧変換器などがある。今回の実験の結果から、VDDFもバイオフィードバック機器の一つに加えることができるのではないかと考えられる。